# 原位置測定結果に基づくシュミットハンマ物性値推定の妥当性に関する検討

前田建設工業(株)　正会員　○久慈　雅栄
(独)日本原子力研究開発機構　正会員　浅井　秀明
(独)日本原子力研究開発機構　正会員　松井　裕哉

## １．はじめに

瑞浪超深地層研究所では高レベル放射性廃棄物の地層処分の基盤となる深地層の科学的研究を行う施設として、2 本の立坑と複数の横坑からなる研究坑道を掘削している[1)]。筆者らは、研究坑道の掘削において既存の岩盤分類法(電研式岩盤分類、RMR 法、新 JH 法)の他、「岩盤の工学的分類法 JGS 3811-2004」[2)]をベースとした新しい定量的岩盤分類法(以下、新分類法と呼ぶ)を提案[3)4)5)]し、適用を進めている。本報告では、新分類法評価項目の一つである，岩盤強度推定に対するシュミットハンマ測定の妥当性について検討する。

## ２．新分類法の概要

新分類法は、硬岩系岩盤の小分類項目である「岩盤強度」と「不連続面の間隔」に、細分類項目の一つである「風化度」を加えて、(1)式に示す算定式により評価点を求め、岩盤性状を定量的に評価するものである。

「評価点」=「岩盤強度[MPa]」×「不連続面間隔[m]の平方根」×「風化度」･･･(1)式

算出した評価点は電研式岩盤分類と対比するために、各岩級区分に対応する閾値を設定して評価している。

## ３．新分類法の結晶質岩への適用結果

昨年度の報告[5)]と同様，結晶質岩における新分類法評価点の岩級区分と実際の電研式岩盤等級を比較した適合率は、健全な花崗岩中を掘削する換気立坑において、従来の分類閾値では 37%、見直した閾値では 63%という結果[6)]となった。新分類法は堆積岩(軟岩)の適合率は高かった[4)]のに対し，結晶質岩部のうち特に CM 級以上の岩盤等級で適合率が落ちる結果となっている。

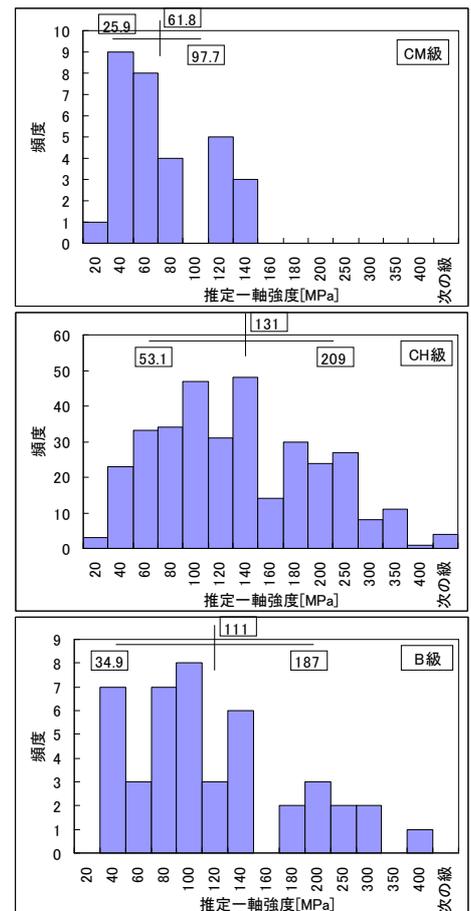
## ４．シュミットハンマによる岩盤強度推定

新分類法では、(1)式に示す岩盤強度を原位置で直接測定して評価値を算出している。硬岩の場合には、原位置岩盤強度はシュミットハンマ反発度からの推定一軸圧縮強度を用いることが多く、その換算には一般的に (2)式に示す富士物産式[7)]を採用されている。

$$\log(qu) = 3.07\times10^{-2}\times S + 0.39$$ ･･･(2)式 [富士物産式]

ここに、qu:推定一軸圧縮強度[MPa]　S:ハンマ反発度

ここでは，本研究所の中で健全な花崗岩が連続して分布する換気立坑のうち、深度 300～400m 間のシュミットハンマ試験の全データを用い，推定一軸圧縮強度を地質観察結果に基づく電研式岩盤等級毎に平均値と標準偏差とともに図-1 に示す。例えば CH 級岩盤では 20 [MPa]を下回る低い岩盤強度が得られている一方で、400[MPa]を上回る岩盤強度も得られており、非常にバラツキが大きく、単純平均値は B 級岩盤よりも CH 級岩盤の方が大きな結果となっている。

これに対し、換気立坑に出現する深度 300-400m 間の花崗岩の一軸圧

図－1　岩級ごとの推定一軸圧縮強さ分布

キーワード　立坑、岩盤分類、定量的評価、原位置試験、結晶質岩
連絡先　〒179-8903　東京都練馬区高松 5-8 J.CITY　前田建設工業(株)　TEL:03-5372-4757

縮強さについて、掘削ずりを用いた一軸圧縮試験を実施した結果では、平均値が 170 [MPa]、最大値は 206 [MPa]である。したがって、400 [MPa]を超える強度は非現実的であり、現状適用している換算式には問題があると考えられる。

## ５．ロックシュミットハンマの換算式

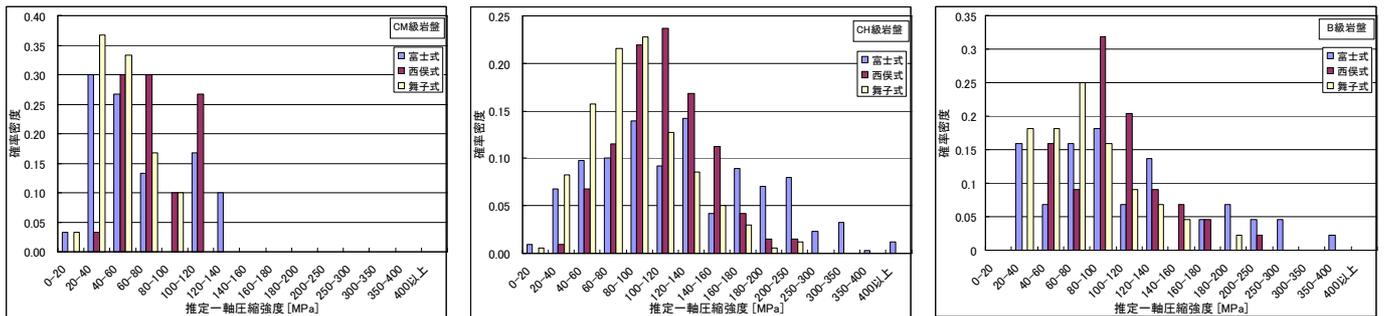
シュミットハンマ反発度から一軸圧縮強さを推定する換算式は、富士物産式の他に次の 2 式が提案されている。

$\log(qu) = 1.65\times10^{-2}\times S + 1.13$ ・・・(3)式 [西俣式]

$\log(qu) = 2.22\times10^{-2}\times S + 0.705$ ・・・(4)式 [舞子式]

(3)式は福井らの西俣トンネルでの結果 [8]、(4)式は浅野らの舞子トンネルでの結果 [9]である。3 種類の式を用いたシュミットハンマ反発度と推定一軸圧縮強度の関係を図-2 に示す。富士物産式は反発度 55 以上で急激に高強度に推定される傾向があり、他の 2 式と乖離が大きい。西俣式と舞子式は全体にほぼ同程度の離隔を持っている。

図－2　シュミットハンマ反発度と推定一軸圧縮強さの分布

これらの 3 種類の式を用いて、改めて換気立坑データの岩盤強度を推定した。図-3 に 3 種類の式を用いた推定一軸圧縮強さの岩級毎の分布状況を示す。特に CH 級および B 級において、西俣式、舞子式ともに富士物産式に比べて高強度側の分布が少なくなり、最大値も 200[MPa]程度とコア試験の結果と同程度となった。西俣式は全体的に舞子式よりも高強度側に分布する。これより、現在測定対象としている岩盤への適合性は、富士物産式よりも西俣式ないしは舞子式の方が高いと判断される。

図－3　岩級毎の推定一軸圧縮強さの分布—3 式の比較

## ６．まとめと今後の課題

以上の検討より、現在のシュミットハンマによる物性値推定の問題点が明らかにされた。低い反発度については岩盤の浮き等の影響も考えられる。一方で、高強度側の推定に関しては、測定対象岩盤に対するキャリブレーション等が、より現実的な岩盤強度の推定の上で必要である。

一方で、ハンマ反発度は図-4 のように高強度側の推定精度が悪い傾向も指摘されており [10]、ある強度以上では信頼性に欠ける懸念がある。今後シュミットハンマ測定自体の適用限界を検討する必要もあると考えられる。

図－4　ハンマ反発度と岩石強度との関係 [10]

## 参考文献

1) 佐藤他：地下 1,000m に向けて瑞浪超深地層研究所の建設計画, サイクル機構技報, No.20, pp.31-43, 2003.
2) 地盤工学会基準部：新規制定地盤工学会基準・同解説　岩盤の工学的分類法(JGS 3811-2004), 地盤工学会, 2004.
3) 久慈他：立坑における新しい定量的岩盤分類法の提案とその評価, 第 42 回地盤工学研究発表会, pp.105-106, 2007.
4) 久慈他：新しい定量的岩盤分類法の大深度立坑での適用性評価(その 1-堆積岩), 土木学会第 64 回年講,CS5-056, 2009.
5) 浅井他：新しい定量的岩盤分類法の大深度立坑での適用性評価(その 2-結晶質岩), 土木学会第 64 回年講, CS5-057, 2009.
6) 浅井他：新しい定量的岩盤分類法の大深度立坑での適用性に関する再評価, 土木学会第 65 回年講,(投稿中), 2010.
7) 富士物産：シュミット・ロックハンマ取扱説明書, pp.1-15, 1995
8) 福井他；TBM の掘削抵抗を利用した岩盤強度の推定-二軒小屋トンネルの事例-, 資源・素材学会誌, 112[No.5], pp.303-308,1996
9) 浅野他；TBM の掘進データと周辺岩盤の亀裂分布との関連性,第 28 回岩力シンポ, pp.1-7, 1997
10) 三木；わかりやすい岩石と岩盤の知識,鹿島出版会, p.318, 1983